

Persebaran Intrusi Air Laut Pada Air Tanah Di Pulau Madura

Zafira Maulidia¹, Novirina Hendrasarie^{2*}

^{1,2} Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Surabaya

*Koresponden email: novirina@upnjatim.ac.id

Diterima: 27 April 2024

Disetujui: 4 Mei 2024

Abstract

On Madura Island, many people use groundwater by drilling wells for their daily needs. The groundwater problem is related to the non-compliance with the quality standards for clean and potable water according to the Regulation of the Minister of Health of Indonesia No. 492 of 2010. The aim of this study is to determine the extent of seawater intrusion in Madura. The parameters tested in the laboratory are in accordance with the Minister of Health Regulation of Indonesia number 416 of 1990, which regulates the standards and monitoring of water quality, namely total hardness and TDS. The salinity value is also measured as a determination in the classification of groundwater salinity to determine the influence of seawater intrusion. From these results, it can be known that the groundwater in Krampo Hamlet, Bangkalan Regency (A2) and Padelegan Village, Pamekasan Regency (C1) have the highest salinity, hardness and TDS values in each zone. Krampo Hamlet (A2) has a salinity value of 1.095%, hardness 605 mg/l, TDS 1290 mg/l while Padelegan Village (C1) has a salinity value of 1.4%, hardness 510 mg/l and TDS 1440 mg/l. At 8.5 km from the seawater intrusion in Krampo Hamlet, Bangkalan Regency (A2) and 9 km in Padelegan Village, Pamekasan Regency (C1). An alternative solution that can be tried is to plant mangroves using a spacing system.

Keywords : *groundwater, seawater intrusion, salinity, TDS, hardness*

Abstrak

Di Pulau Madura banyak masyarakat yang memanfaatkan air tanah dengan cara membuat sumur melalui pengeboran untuk kebutuhan sehari-hari. Isu mengenai air tanah berkorelasi dengan tidak terlaksananya standar kualitas air bersih dan aman untuk dikonsumsi seperti yang diatur dalam Permenkes RI Nomor 492 tahun 2010. Tujuan penelitian ini untuk memahami sejauh mana peristiwa intrusi air laut di wilayah Madura dapat terjadi. Parameter yang diuji di laboratorium sesuai dengan regulasi dalam Permenkes RI No 416 Tahun 1990 yaitu Kesadahan total dan TDS. Nilai salinitas juga dilakukan pengukuran sebagai penentuan dalam klasifikasi salinitas air tanah untuk mengetahui adanya pengaruh intrusi air laut. Dari hasil penelitian dapat dikatakan bahwa air tanah yang berada pada lokasi Dusun Krampo, Kabupaten Bangkalan (A2) dan Desa Padelegan, Kabupaten Pamekasan (C1) memiliki nilai salinitas, kesadahan dan TDS tertinggi pada setiap zona. Dusun Krampo (A2) dengan nilai salinitas 1,095%, kesadahan 605 mg/l, TDS 1290 mg/l sementara Desa Padelegan (C1) memiliki nilai salinitas 1,4%, kesadahan 510 mg/l, dan TDS 1440 mg/l. Dengan jarak pengaruh intrusi air laut sejauh 4,57 km pada Dusun Krampo, Kabupaten Bangkalan (A2) dan sejauh 9 km pada Desa Padelegan, Kabupaten Pamekasan (C1). Alternatif penyelesaian yang dapat diupayakan adalah penanaman mangrove dengan sistem berjarak.

Kata Kunci: *air tanah, intrusi air laut, salinitas, TDS, kesadahan*

1. Pendahuluan

Air tanah adalah sumber daya alam yang dapat diperbarui (*renewable natural resources*) yang memenuhi kebutuhan air untuk beragam tujuan [7]. Keadaan geologi, hidrogeologis, dan faktor-faktor lingkungan hidup lainnya yang dapat menentukan ketersediaan air tanah. Pemanfaatan yang berlebihan dari sumber air tanah mengakibatkan terbentuknya ruang hampa di dalam lapisan tanah, menyebabkan penurunan tingkat air tanah menjadi lebih rendah daripada muka air laut [9]. Penurunan muka air tanah mengakibatkan adanya kekosongan dan terjadi penerobosan air laut ke dalam lapisan akuifer lebih dalam lagi (intrusi). Intrusi air laut memberikan perubahan karakteristik kimia dan kualitas air tanah pada sumur.

Karakteristik air dapat diperiksa dengan melalui pengujian menggunakan pendekatan tertentu seperti analisis kimia, fisika, biologi, atau evaluasi visual (pengamatan bau dan warna) [10]. Penyediaan air, irigasi, dan pemanfaatan air sumur dan sumber daya air perlu dilestarikan keberadaannya [3]. Di Pulau Madura sendiri tidak sedikit masyarakat yang memanfaatkan air sumur meskipun sebagian tidak layak konsumsi karena air sumur yang dimanfaatkan tidak mengalami pengolahan terlebih dahulu untuk keperluan harian [2]. Salah satu isu yang muncul adalah tingkat kualitas air tanah yang dimanfaatkan oleh penduduk menurun. Isu mengenai

air tanah berkorelasi dengan tidak terlaksananya standar kualitas air bersih dan aman untuk dikonsumsi seperti yang diatur dalam Permenkes RI Nomor 492 tahun 2010 [1].

Berdasarkan informasi tersebut, perlu dilakukan monitoring terhadap kualitas air tanah untuk memperoleh pemahaman mengenai kondisi air tanah di Madura. Hal ini melibatkan kegiatan seperti pemetaan, pengambilan sampel air sumur, pengujian mutu air, dan pengolahan data mutu air tanah di Madura. Tujuan penelitian ini untuk memahami sejauh mana peristiwa intrusi air laut di wilayah Madura dapat terjadi.

2. Metode Penelitian

Prosedur pengambilan sampel air merujuk pedoman yang tercantum dalam Standar Nasional Indonesia Nomor 06-2141-1991 mengenai Metode Pengambilan Contoh Kualitas Air. Standar kualitas yang diterapkan merujuk pada regulasi dalam Permenkes Nomor 416 Tahun 1990 mengenai persyaratan dan mutu air bersih dan air minum di Indonesia. Penentuan lokasi pengambilan contoh air terbagi menjadi 2 zona di pulau Madura yaitu zona utara dan zona selatan dimana setiap zona terdiri dari 1 titik lokasi yang mewakili setiap kabupaten. Pemilihan lokasi berdasarkan kondisi morfologi daerah tersebut yaitu wilayah dataran rendah dengan elevasi ketinggian antara 0-50 meter di atas permukaan laut (mdpl).



Gambar 1. Peta titik sampling
Sumber : Google maps

Parameter yang diuji di laboratorium merujuk pada regulasi dalam Permenkes Nomor 416 Tahun 1990 mengenai persyaratan dan mutu air yaitu Kesadahan total dan TDS. Nilai salinitas juga dilakukan pengukuran sebagai penentuan dalam klasifikasi salinitas air tanah untuk mengetahui adanya pengaruh intrusi air laut. Menurut Goetz (1986), nilai salinitas dapat diklasifikasikan ke dalam empat kategori [16].

Tabel 2. Klasifikasi salinitas Goetz (1986)

Jenis Air	Salinitas (%)
Air Tawar	< 0,05
Air Payau	0,05 – 3,00
Air Asin	3,00 – 5,00
Brine (connate)	> 5,00

Sumber : Goetz (1986)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Identifikasi Kualitas Air Tanah Akibat Intrusi Air Laut

Dilakukan penelitian awal pada air tanah untuk mengetahui kualitas air tanah. Berikut adalah kondisi kualitas air tanah dari dua titik lokasi tersebut.

Tabel 3. Kualitas Air Tanah pada Titik Lokasi Penelitian Terdampak Intrusi Air Laut Tertinggi

No	Lokasi	Jarak dari Laut	Ketinggian	Kualitas Air Tanah	Konsentrasi	Baku Mutu	Kategori
Zona Utara							
A2	Dsn. Krampo, Kec. Arosbaya, Kab. Bangkalan	± 1,6 km	4 mdpl	TDS	1290 mg/l	1000 mg/l*	Tercemar
	Salinitas			1,095 %	-	Air payau**	
	Kesadahan			605 mg/l	500 mg/l*	Tercemar	
B2		± 1,42 km	30 mdpl	TDS	363 mg/l	1000 mg/l*	Air bersih

No	Lokasi	Jarak dari Laut	Ketinggian	Kualitas Air Tanah	Konsentrasi	Baku Mutu	Kategori
	Ketapang Tengah, kec. Ketapang, kab. Sampang			Salinitas	0,07 %	-	Air tawar**
				Kesadahan	430 mg/l	500 mg/l*	Air bersih
				TDS	690 mg/l	1000 mg/l*	Air bersih
C2	Kec. Pasean, Kab. Pamekasan	± 1,2 km	8 mdpl	Salinitas	0,06 %	-	Air payau**
				Kesadahan	395 mg/l	500 mg/l*	Air bersih
				TDS	444 mg/l	1000 mg/l*	Air bersih
D2	Ambunten Timur, Kec. Ambunten, Kab. Sumenep	± 1,37 km	7 mdpl	Salinitas	0,04%	-	Air tawar**
				Kesadahan	460 mg/l	500 mg/l*	Air bersih
				Zona Selatan			
A1	Gili Timur, Kec. Kamal, Kab. Bangkalan	± 1,3 km	8 mdpl	TDS	794 mg/l	1000 mg/l*	Air bersih
				Salinitas	0,03 %	-	Air payau**
				Kesadahan	480 mg/l	500 mg/l*	Air bersih
B1	Jl. Sampang- Pangarengan, Kec. Sampang, Kab. Sampang	± 1,64 km	20 mdpl	TDS	352 mg/l	1000 mg/l*	Air bersih
				Salinitas	0,03 %	-	Air tawar**
				Kesadahan	380 mg/l	500 mg/l*	Air bersih
C1	Desa Padelegan, Kec. Pademawu, Kab. Pamekasan	± 1,153 km	4 mdpl	TDS	1440 mg/l	1000 mg/l*	Tercemar
				Salinitas	1,4 %	-	Air payau**
				Kesadahan	510 mg/l	500 mg/l*	Tercemar
D1	Jalan Pesisir, Aeng Panas, Kec. Pragaan, Kab. Sumenep	± 1,5 km	50 mdpl	TDS	590 mg/l	1000 mg/l*	Air bersih
				Salinitas	0,05%	-	Air payau**
				Kesadahan	380 mg/l	500 mg/l*	Air bersih

Sumber : Data penelitian, 2024

Keterangan : *PERMENKES RI No. 416 tahun 1990, **Klasifikasi salinitas air tanah (Goetz, 1986)

Dari hasil penelitian awal tersebut dapat dikatakan bahwa air tanah yang berada pada lokasi Dusun Krampo (A2) dan Desa Padelegan (C1) memiliki nilai salinitas tertinggi pada setiap zona dengan kategori air payau. Air payau secara langsung tidak dapat dimanfaatkan karena mengandung rasa yang asin dan sifatnya yang lengket pada kulit [4]. Pemakaian air tanah pada sumur secara tidak teratur dan bijak dapat mengakibatkan penurunan aliran air bersih ke laut, yang berpotensi mengganggu keseimbangan antara sumber air tawar dan air laut. Kegiatan manusia seperti ekstraksi air tanah terutama pada daerah pesisir dapat mengakibatkan ketidakseimbangan air tawar dengan air laut dan membuat tekanan air tanah menjadi relatif berkurang sehingga mudah terjadi intrusi air laut [8].

Konsentrasi TDS yang tinggi di kedua titik sampel tersebut mungkin disebabkan oleh terdapat partikel-partikel halus akibat batuan yang lapuk atau materi padat yang larut dalam tanah. Konsentrasi senyawa kimia yang melimpah adalah penyebab tingginya nilai TDS yang pada gilirannya juga meningkatkan nilai daya hantar listrik dan salinitas. Konsentrasi kesadahan air tanah pada lokasi Dusun Krampo lebih tinggi dibandingkan dengan lokasi Desa Padelegan. Hal ini dapat dipengaruhi oleh faktor geologi dari kedua lokasi tersebut. Struktur tanah pada Kabupaten Bangkalan didominasi dengan batu gamping (kapur) yang membuat konsentrasi kesadahan pada air tanah tersebut menjadi tinggi.

3.2 Identifikasi Kondisi Tekstur Tanah

Pengambilan sampel dilakukan pada sebagian wilayah pesisir di Pulau Madura yang memang letak sumur berdekatan dengan laut atau pantai. Berikut adalah data hasil pengujian tekstur tanah pada lokasi penelitian yang terdampak intrusi air laut tertingi yaitu Dsn. Krampo, Kabupaten Bangkalan (A2), dan Desa Padelegan, Kabupaten Pamekasan (C1).

Tabel 4. Teksur Tanah pada Titik Lokasi Penelitian Terdampak Intrusi Air Laut Tertinggi

No	Lokasi	Tekstur Tanah	Karakteristik
Zona Utara			
A2	Dsn. Krampo, Kec. Arosbaya, Kab. Bangkalan	Tanah Berpasir	<ul style="list-style-type: none"> Tanah bertekstur kasar (pasir > 70% dan liat < 2%) Dominasi pori makro, udara dominan, menahan sedikit air Tekstur kasar, sedikit melekat, dan bisa dibentuk tetapi mudah hancur
B2	Ketapang Tengah, kec. Ketapang, kab. Sampang	Pasir berlempung	<ul style="list-style-type: none"> Liat (10-14%), debu (0-30%), pasir (70-86%) Dominasi pori makro, udara dominan, menahan sedikit air Terasa kasar, agak melekat, dan mudah hancur
C2	Kec. Pasean, Kab. Pamekasan	Lempung berdebu	<ul style="list-style-type: none"> Pasir (20-50%), debu (74-88%), dan liat (0-27%) Dominasi pori sedang, porositas diantara pasir dan liat Terasa halus, sedikit melekat, dapat dibentuk agak teguh
D2	Ambunten Tengah, Kec. Ambunten, Kab. Sumenep	Lempung berliat	<ul style="list-style-type: none"> Pasir (20-45%), debu (15-52%), liat (27-40%) Dominasi pori mikro, kuat menahan air Terasa agak halus, sedikit melekat, dapat dibentuk agak teguh
Zona Selatan			
A1	Gili Timur, Kec. Kamal, Kab. Bangkalan	Lempung berdebu	<ul style="list-style-type: none"> Pasir (20-50%), debu (74-88%), dan liat (0-27%) Dominasi pori sedang, porositas diantara pasir dan liat Terasa halus, sedikit melekat, dapat dibentuk agak teguh
B1	Jl. Sampang-Pangarengan, Kec. Sampang, Kab. Sampang	Liat berpasir	<ul style="list-style-type: none"> Pasir (45-65%), debu (0-20%), liat (35-55%) Porositas sedang, kemampuan menahan air baik Terasa halus, sedikit bagian agak kasar, agak melekat
C1	Desa Padelegan, Kec. Pademawu, Kab. Pamekasan	Tanah Berpasir	<ul style="list-style-type: none"> Tanah bertekstur kasar (pasir > 70% dan liat < 2%) Kemampuan menahan air & hara rendah Aerasi & Permeabilitas baik dan cepat Tekstur sedikit kasar, sedikit melekat, dan bisa dibentuk tetapi mudah hancur
D1	Jalan Pesisir, Aeng Panas, Kec. Pragaan, Kab. Sumenep	Lempung	<ul style="list-style-type: none"> Dominasi fraksi pasir (> 40%) dan debu (> 40%) Tidak kasar dan tidak halus, sedikit melekat, bisa dibentuk Tidak mudah meloloskan air

Sumber : Data Penelitian, 2024

Lokasi penelitian yaitu Desa Padelegan terletak di Kecamatan Pademawu (C1) yang mana di kawasan ini, tanah yang mendominasi adalah tanah alluvial dengan ciri-ciri seperti tanah liat, pasir atau kerikil yang mengendap. Keadaan topografi yang terbilang landai lalu tersusun oleh endapan alluvial dengan permeabilitas rendah dapat mendukung meningkatnya resiko intrusi air laut. Dengan karakteristik porositas yang besar dapat terjadi aliran yang cenderung cepat dan lebih mudah menyerap dan meloloskan air laut pada tanah ini [11]. Selain itu, keadaan wilayah yang berupa dataran rendah memiliki muka air tanah yang juga rendah dimana semakin rendah elevasi dari permukaan air tanah terhadap elevasi air laut maka akan semakin mudah air laut masuk dalam akuifer air tanah dan berlaku sebaliknya dikarenakan air tanah memiliki massa jenis lebih rendah dari massa jenis air laut.

Lokasi pengambilan sampel yaitu Dusun Krampo, Kecamatan Arosbaya (A2) termasuk wilayah yang terletak pesisir pantai bagian utara dengan elevasi 2 hingga 10 meter di atas permukaan laut. Menurut peta geologi pulau Madura, keadaan geologi kecamatan Arosbaya berupa tanah alluvium. Di daerah yang dekat pantai jenis tanah adalah tanah alluvial dan hydromorf yang mencakup pasir, lanau, kerikil, dan lumpur yang menghasilkan tingkat porositas yang tinggi pada batuan dan memungkinkan air laut untuk mudah menembus dalam tanah. Hal ini menjadi dugaan bahwa peristiwa intrusi air laut disebabkan oleh karakteristik tersebut [12].

3.3 Jarak Intrusi Air Laut yang Terjadi Pada Titik Penelitian Tertinggi

Penelitian awal dilanjutkan dengan pengambilan sampel pada sumur berikutnya pada dua lokasi yang sama yaitu Kecamatan Arosbaya, dan Desa Padelegan. Pengambilan sampel pada sumur-sumur berikutnya dari titik penelitian awal berjarak ± 10 km menjauhi garis pantai berdasarkan penjangkaan jarak intrusi air laut seperti yang terjadi di sungai Bengawan Solo [13]. Berikut adalah persebaran titik sampling yang akan diambil untuk menguji kondisi tekstur tanah dan kualitas air tanah oleh intrusi air laut pada Kecamatan Arosbaya, Kabupaten Bangkalan yang memiliki titik intrusi paling tinggi pada zona utara.



Gambar 2. Titik Lokasi Pengambilan Sampel di Kecamatan Arosbaya, Kabupaten Bangkalan
Sumber : Google Maps

Keterangan :

A2 : titik sampling awal untuk penentuan lokasi intrusi tertinggi

A2₁₋₇ : titik sampling terusan dari titik awal untuk penentuan sejauh mana intrusi terjadi

Tabel 5. Kualitas Air Tanah pada Titik Pengambilan Sampel

No.	Lokasi	Jarak	Kualitas Air Tanah	Konsentrasi	Baku mutu	Kategori
A2 ₁	Bupanjang, Kec. Arosbaya, Kab. Bangkalan	± 2,7 km	TDS Salinitas Kesadahan	990 mg/l 0,09 % 324 mg/l	1000 mg/l* < 0,05 500 mg/l*	Air bersih Air payau** Air bersih
A2 ₂	Tambegan, Kec. Arosbaya, Kab. Bangkalan	± 4,7 km	TDS Salinitas Kesadahan	650 mg/l 0,06 % 350 mg/l	1000 mg/l* < 0,05 500 mg/l*	Air bersih Air payau** Air bersih
A2 ₃	Berbeluk, Kec. Arosbaya, Kab. Bangkalan	± 6,9 km	TDS Salinitas Kesadahan	300 mg/l 0,03 % 364 mg/l	1000 mg/l* < 0,05 500 mg/l*	Air bersih Air tawar** Air bersih
A2 ₄	Glagga, Kec. Arosbaya, Kab. Bangkalan	± 8,5 km	TDS Salinitas Kesadahan	265 mg/l 0,02 % 338 mg/l	1000 mg/l* < 0,05 500 mg/l*	Air bersih Air tawar** Air bersih
A2 ₅	Karang duwak, Kec. Arosbaya, Kab. Bangkalan	± 7 km	TDS Salinitas Kesadahan	310 mg/l 0,02 % 259,6 mg/l	1000 mg/l* < 0,05 500 mg/l*	Air bersih Air tawar** Air bersih
A2 ₆	Balung tengah, Kec. Arosbaya, Kab. Bangkalan	± 4,57 km	TDS Salinitas Kesadahan	590 mg/l 0,04 % 327 mg/l	1000 mg/l* < 0,05 500 mg/l*	Air bersih Air tawar** Air bersih
A2 ₇	Lajing, Kec. Arosbaya, Kab. Bangkalan	± 1,7 km	TDS Salinitas Kesadahan	670 mg/l 0,08 % 350 mg/l	1000 mg/l* < 0,05 500 mg/l*	Air bersih Air payau** Air bersih

Sumber : Data penelitian, 2024

Keterangan : *PERMENKES RI No. 416 tahun 1990, **Klasifikasi salinitas air tanah (Goetz, 1986)

Tabel 6. Kondisi Tekstur Tanah pada Titik Pengambilan Sampel

No.	Lokasi	Jarak	Tekstur Tanah	Karakteristik
A2 ₁	Bupanjang, Kec. Arosbaya, Kab. Bangkalan	± 2,7 km	Pasir berlempung	<ul style="list-style-type: none"> • Liat (10-15%), debu (0-30%), pasir (70-86%) • Mudah untuk meloloskan air • Terasa kasar, agak melekat, dan mudah hancur • Permeabilitas cepat
A2 ₂	Tambegan, Kec. Arosbaya, Kab. Bangkalan	± 4,7 km	Lempung berpasir	<ul style="list-style-type: none"> • Liat (15-20%), debu (0-50%), pasir (50-80%) • Mudah untuk meloloskan air • Terasa kasar, agak melekat, dan mudah hancur • Permeabilitas sedang
A2 ₃	Berbeluk, Kec. Arosbaya, Kab. Bangkalan	± 6,9 km	Lempung	<ul style="list-style-type: none"> • Dominasi fraksi pasir (> 40%) dan debu (> 40%)

No.	Lokasi	Jarak	Tekstur Tanah	Karakteristik
A2 ₄	Glagga, Kec. Arosbaya, Kab. Bangkalan	± 8,5 km		<ul style="list-style-type: none"> • Tidak kasar & licin, sedikit melekat, bisa dibentuk • Sukar meloloskan air • Kemampuan menyimpan air dan nutrisi lebih baik
A2 ₅	Karang duwak, Kec. Arosbaya, Kab. Bangkalan	± 1,7 km		
A2 ₆	Balung tengah, Kec. Arosbaya, Kab. Bangkalan	± 4,57 km	Lempung berdebu	<ul style="list-style-type: none"> • Dominasi fraksi debu (> 50%) • Licin, sedikit lengket, bisa dibentuk pola sedikit teguh, permukaan mengkilat • Kuat menahan dan menyerap air dan unsur hara
A2 ₇	Lajing, Kec. Arosbaya, Kab. Bangkalan	± 7 km	Lempung berpasir	<ul style="list-style-type: none"> • Liat (15-20%), debu (0-50%), pasir (50-80%) • Mudah untuk meloloskan air • Tekstur kasar, sedikit lengket, dan mudah hancur • Permeabilitas sedang

Sumber : Data penelitian, 2024

Diperoleh hasil penelitian yang menunjukkan bahwa semakin jauh titik tersebut dari laut maka akan semakin baik kualitas air tanah yang artinya nilai salinitas yang tinggi diperoleh dari titik sampel yang berada di daerah dekat laut atau pantai [5]. Titik terjauh (A2₄) dan titik A2₃ memiliki kualitas air tanah dengan kategori air tawar. Masyarakat di daerah tersebut sudah banyak yang mulai beralih ke PDAM untuk mencukupi keperluan harian mereka seperti mandi dan mencuci sehingga tidak ada aktivitas pengambilan air tanah pada sumur tersebut. Hal ini menyebabkan muka air tanah dan tekanannya tidak mudah mengalami penurunan. Kondisi tersebut juga dapat disebabkan oleh karakteristik tekstur tanah yang ada pada wilayah tersebut. Tekstur tanah dengan karakteristik tidak mudah meloloskan air dan daya serap yang tinggi akan membuat air tanah tidak mudah tercampur oleh air laut.

Tekstur tanah pada lokasi titik A2₂ memiliki karakteristik mudah meloloskan air sehingga penggunaan air tanah yang terus menerus akan membuat air tawar berkurang dan terjadi ketidakseimbangan antara air tawar dengan air laut. Sedangkan pada titik A2₁ kategori dari kualitas air tanah tersebut termasuk air payau. Ditinjau dari letak sumur tersebut berada di daerah yang tidak jauh dari titik penelitian awal dan laut serta kondisi daerah yang termasuk pemukiman padat penduduk. Banyaknya pembangunan seperti pertokoan dan beberapa rumah warga juga dapat menjadi faktor menurunnya kualitas air tanah dan terjadi gejala intrusi air laut karena adanya penurunan muka tanah dan aktivitas yang dapat mencemari air dan lingkungan sekitar.

Lokasi selanjutnya yaitu Desa Padelegan, Kabupaten Pamekasan. Berikut adalah persebaran titik sampling yang akan diambil untuk menguji kualitas air tanah akibat intrusi air laut pada Desa Padelegan, Kabupaten Pamekasan yang memiliki titik intrusi paling tinggi pada zona selatan.



Gambar 3. Titik Lokasi Pengambilan Sampel di Desa Padelegan, Kabupaten Pamekasan

Sumber : Google Maps

Keterangan :

C1 : titik sampling awal untuk penentuan lokasi intrusi tertinggi

C1₁₋₃ : titik sampling terusan dari titik awal untuk penentuan sejauh mana intrusi terjadi

Tabel 7. Tabel Rincian Titik Pengambilan Sampel

No.	Lokasi	Jarak	Kualitas Air Tanah	Konsentrasi	Baku mutu	Kategori
C1 ₁	Dajah Tambak, Padelegan, Pamekasan	Desa Kab. ± 4,5 km	TDS	950 mg/l	1000 mg/l*	Air bersih
			Salinitas	0,09 %	-	Air payau**
			Kesadahan	344 mg/l	500 mg/l*	Air bersih
C2 ₂	Dajah Tambak Padelegan, Pamekasan	Desa Kab. ± 7,3 km	TDS	670 mg/l	1000 mg/l*	Air bersih
			Salinitas	0,06 %	-	Air payau**
			Kesadahan	376 mg/l	500 mg/l*	Air bersih
C3 ₃	Modung, Desa Padelegan, kab. Pamekasan	± 9 km	TDS	478 mg/l	1000 mg/l*	Air bersih
			Salinitas	0,04 %	-	Air tawar**
			Kesadahan	372 mg/l	500 mg/l*	Air bersih

Sumber : Data penelitian, 2024

Keterangan : *PERMENKES RI No. 416 tahun 1990, **Klasifikasi salinitas air tanah (Goetz, 1986)

Tabel 8. Kondisi Tekstur Tanah pada Titik Pengambilan Sampel

No.	Lokasi	Jarak	Tekstur Tanah	Karakteristik
C1 ₁	Dajah Tambak, Desa Padelegan, Kab. Pamekasan	± 4,5 km	Pasir berlempung	<ul style="list-style-type: none"> • Kelebihan bagian pasir (> 80%) • Mudah untuk mengalirkan air • Tekstur kasar, sedikit lengket, dan mudah hancur • Permeabilitas cepat
C2 ₂	Dajah Tambak Desa Padelegan, Kab. Pamekasan	± 7,3 km	Lempung berpasir	<ul style="list-style-type: none"> • Kelebihan bagian pasir (> 50%) • Mudah untuk mengalirkan air • Tekstur kasar, sedikit lengket, dan mudah hancur • Permeabilitas sedang
C3 ₃	Modung, Desa Padelegan, Pamekasan	± 9 km	Lempung berdebu	<ul style="list-style-type: none"> • Dominasi fraksi debu (> 50%) • Tekstur licin, sedikit lengket, bisa dibentuk pola agak teguh, permukaan mengkilat • Luas permukaan lebih besar • Kuat menahan dan menyerap air dan unsur hara

Sumber : Data penelitian, 2024

Lokasinya yang berdekatan dengan tambak garam dan juga pemukiman penduduk membuat kualitas air tanah pada sumur tersebut menjadi kurang baik dan terdapat gejala intrusi air laut. Titik C1₁ dan Titik C1₂ berada pada pemukiman penduduk yang cukup padat, dan tidak terlalu jauh dengan tambak garam. Nilai salinitas yang masih tergolong air payau dapat disebabkan karena pengaruh dari tambak garam terhadap air tanah pada sumur tersebut. Tekstur tanah lempung berpasir dengan karakteristik mudah meloloskan air serta adanya tambak garam di sekitarnya akan mempermudah air laut untuk menuju ke daratan sedangkan Titik C1₂ juga memiliki tekstur tanah yang terbilang sama dan hanya berbeda pada fraksi pasir lebih sedikit dibandingkan pada titik C1₁ dan permeabilitas tanah yang sedang.

Titik terjauh yaitu C1₃ memiliki kualitas air tanah yang tergolong air tawar karena nilai salinitas paling kecil dan berjarak ± 9 km menjauhi laut. Lokasinya sudah jauh dari laut dan tidak ada tambak garam hanya rumah penduduk dan area persawahan. Tekstur tanah lempung berdebu lebih cocok untuk digunakan sebagai lahan pertanian karena kemampuannya menyimpan nutrisi yang baik [14]. Gambar 4.3. menunjukkan pola distribusi spasial tingkat intrusi air laut menurut nilai salinitas pada lokasi di zona utara dan zona selatan Pulau Madura.

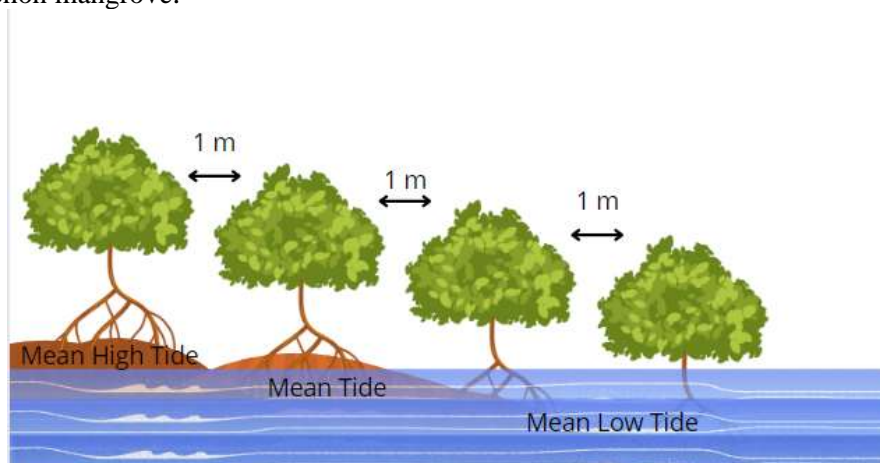


Gambar 4. Sebaran nilai salinitas di Kecamatan Arosbaya, Kabupaten Bangkalan
Sumber : Data Penelitian, 2024

3.4 Alternatif Penyelesaian Permasalahan Dampak Intrusi Air Laut

Dibutuhkan upaya atau peran dari aparat maupun masyarakat setempat untuk mengatasi dan mencegah dampak kualitas air yang mengalami penurunan mengingat air adalah kebutuhan primer setiap manusia. Penyelesaian yang bisa dilakukan untuk mengantisipasi atau mengurangi dampak dari adanya gejala intrusi air laut yang terjadi dapat melalui menanam mangrove dengan model penanaman mangrove secara sistematis dengan tujuan agar perubahan batas/garis pantai terjadi ke arah laut dan mencegah abrasi agar batas air laut dan air tawar tidak mengalami perubahan ke arah darat [15]. Selain itu, nilai salinitas juga bisa mempengaruhi terhadap ekosistem mangrove di daerah pesisir [6]. Berdasarkan kondisi sekitar dari kedua lokasi tersebut, upaya yang sangat mungkin dilakukan adalah penanaman mangrove dengan model secara sistematis.

Penanaman mangrove dengan sistem berjarak adalah proses yang melibatkan penanaman rapat mangrove per rumpun dengan sekitar ± 550 batang mangrove per rumpun, memiliki panjang sekitar 50 batang dan lebar sebanyak 11 batang mangrove serta kedalaman mencapai 20 – 25 cm dengan jarak satu meter antara setiap rumpun. Sistem rumpun berjarak ini memiliki fungsi untuk mengokohkan dan menjerat hara (lumpur). Selain itu, dapat dilakukan pemagaran dengan fungsi agar menghambat aliran sampah agar tidak mencapai zona penanaman pohon mangrove.



Gambar 5. Model penanaman mangrove pada lokasi hutan mangrove
Sumber : Data Penelitian, 2024

4. Kesimpulan

Kesimpulannya adalah bahwa mutu air tanah di Pulau Madura yang memiliki nilai salinitas tertinggi dan terdampak gejala intrusi air laut berada pada Dusun Krampo, Kecamatan Arosbaya, Kabupaten Bangkalan di zona utara dengan nilai 1,095 % dan Desa Padelegan, Kabupaten Pamekasan di zona selatan dengan nilai 1,4 %. Gejala intrusi air laut yang terjadi pada Kabupaten Bangkalan sejauh $\pm 4,57$ km dari laut dan Kabupaten Pamekasan sejauh ± 9 km dari laut ditandai dengan sifat air tawar pada air tanah di lokasi tersebut.

Penyebab adanya gejala intrusi air laut pada kedua lokasi dipengaruhi oleh tekstur tanah yang mendukung masuknya air laut ke daratan, pemanfaatan air tanah yang tidak bijak, berdekatan dengan tambak garam, dan penurunan muka air tanah akibat adanya pembangunan rumah penduduk. Upaya yang dapat dilakukan sesuai dengan kondisi sekitar lokasi tersebut yaitu dengan penanaman mangrove secara bersistem.

5. Referensi

- [1] PA Wildanum, N Hendrasarie. 2023. Processing of Coagulation Flocculation Sequencing Batch Reactor, In Kebon Agung River, as Clean Water. *Journal of Environmental Engineering and Sustainable Technology*, 9 (02), 52-61, 2023
- [2] Hendrasarie, N., & Prihantini, R. 2020. Pemanfaatan Karbon Aktif Sampah Plastik Untuk Menurunkan Besi Dan Mangan Terlarut Pada Air Sumur. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 6(2).
- [3] Hendrasarie, N. (2005). Evaluasi banjir pada area drainase Kali Kepiting dan kali Kenjeran Surabaya Timur. *Jurnal Rekayasa Perencanaan*.
- [4] Hendriati, N., & Hendrasarie, N. 2013. Desalinasi Air Payau Menggunakan Tanaman Mangrove. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan Vol*, 5(2).
- [5] Hendrasarie, N. 2022. The Effect Of Mangrove Density To Estuary Water Quality Based On Physic-Chemist Parameters At Wonorejo, Surabaya. *Journal of Environmental Engineering and Sustainable Technology*, 9(02), 75-82.
- [6] Hendrasarie, N., & Kartika, S. W. T. 2024. Phytoplankton Diversity as Bioindicator of Water Quality in Mangrove Area of Surabaya East Coast. *Jurnal Presipitasi : Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 21(1), 237-248.
- [7] Tamim, T., Maricar, F., Hatta, M. P., & Arsyad, A. 2021. Identifikasi Pencemaran Air Tanah Akibat Intrusi Air Laut di Pulau Kadatua, Kabupaten Buton Selatan. In *Seminar Nasional Hari Air Sedunia (Vol. 3, No. 1, pp. 33-41)*.
- [8] Sosrodarsono, S. dan Takeda, S. 2003. Hidrologi untuk Perairan. PT. Pradnya Paramita. Jakarta
- [9] Suhartono, E. 2011. Model Intrusi Air Laut Terhadap Air Tanah Pada Akuifer di Kota Semarang, Online, Vol 9, No. 1, <http://eprints.undip.ac.id>, diakses 19 Agustus 2014.
- [10] Kordi, K. Ghufron dan Andi Baso Tancung. 2009. *Pengelolaan Kualitas Air Dalam Budidaya Perairan*. Rineka Cipta. Jakarta.
- [11] Ismawan, M. F. 2016. Kajian intrusi air laut dan dampaknya terhadap masyarakat di pesisir Kota Tegal. *Geo-Image Journal*, 5(1).
- [12] Waid, A. M. F. 2019. Pengaruh debit air tanah terhadap intrusi air laut di Kecamatan Tegaldlimo Kabupaten Banyuwangi (Doctoral dissertation, Universitas Negeri Malang).
- [13] Suprayogi, I. 2006. Model Peramalan Intrusi Air Laut Periode Musim Kemarau Di Estuari Menggunakan Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS). *Jurnal Purifikasi*, 7(1), 55-60.
- [14] Rizal, S., Syaibana, P. L. D., Wahono, F., Wulandari, L. T., & Agustin, M. E. 2022. Analisis Sifat Fisika Tanah Ditinjau dari Penggunaan Lahan di Kecamatan Ngajum, Kabupaten Malang. *JPIG (Jurnal Pendidikan dan Ilmu Geografi)*, 7(2), 158-167.
- [15] Haty, I. P. 2021. Model Konservasi Pantai Dengan Biogeoteknologi Pada Zona Berpotensi Intrusi Air Laut Di Kecamatan Temon, Kabupaten Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Ilmiah Geologi PANGEA*, 4(2).
- [16] P. W. Goetz, "The New Encyclopaedia Britannica (15th ed)" 3: 937, Encyclopaedia Britannica Inc., Chicago, 1986.